

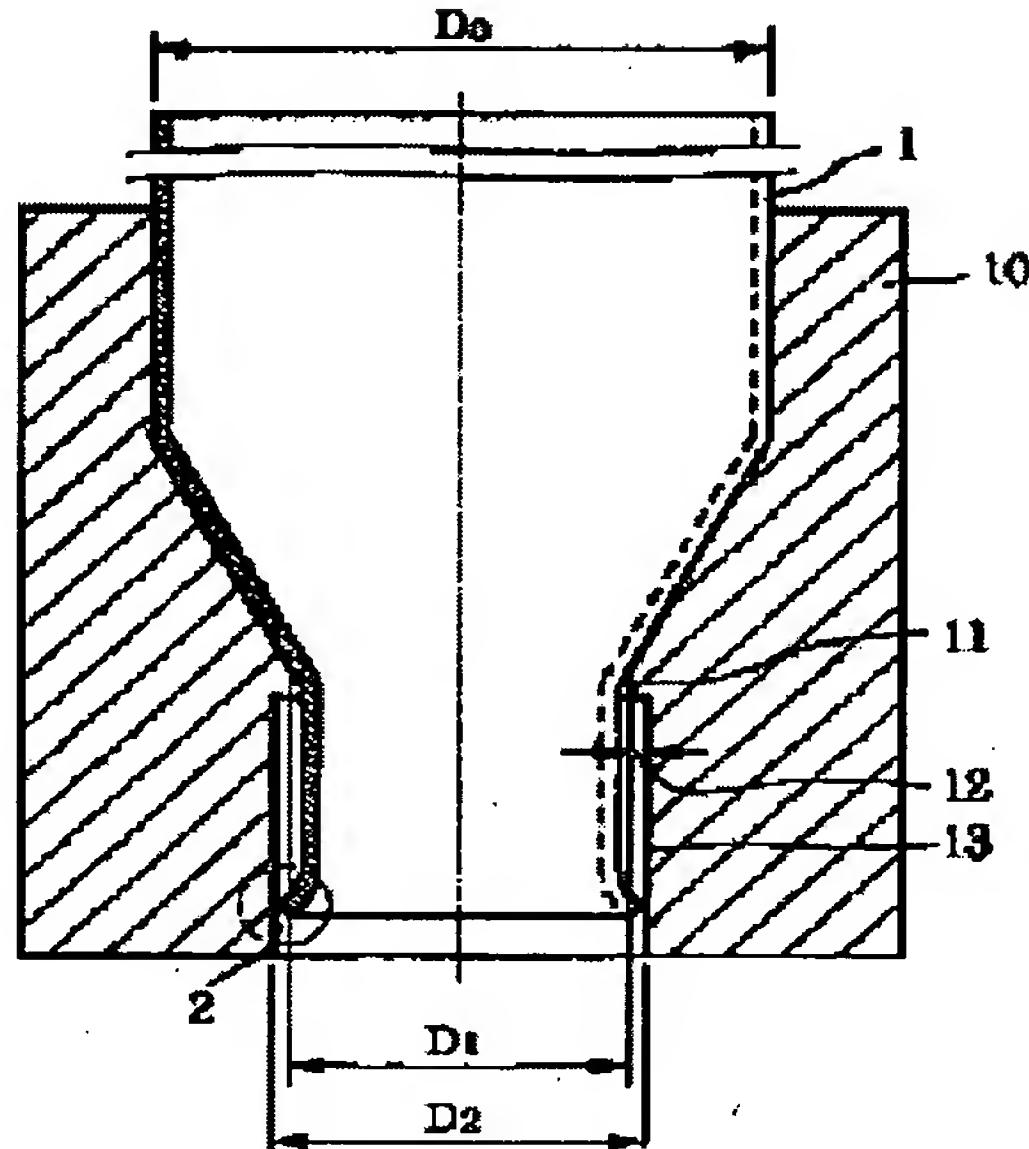
## TUBE REDUCING METHOD FOR ALUMINUM-BASED COMPOSITE TUBE

**Patent number:** JP10099922  
**Publication date:** 1998-04-21  
**Inventor:** HORI HISASHI; MOCHIZUKI HIROYUKI; MAKITA SHINYA  
**Applicant:** NIPPON LIGHT METAL CO  
**Classification:**  
 - **international:** B21D39/04; B21D41/04; B21D39/04; B21D41/00;  
 (IPC1-7): B21D39/04; B21D41/04  
 - **europen:**  
**Application number:** JP19960277477 19960927  
**Priority number(s):** JP19960277477 19960927

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP10099922

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent cracks by reducing the bearing gap of a swaging die, and performing the swaging while an instable part to be formed on a tube end part is abutted on a rear wall of a bearing part of the die to suppress the outward expansion of the instable part. **SOLUTION:** Because the tube reduction by swaging is of a contraction, stress is released at an end part passing through a die part, the outwardly opening force is generated, and a tube end part after reduction becomes an outwardly expanded working instable part 2. Elongation of the stock is reduced by the work hardening because of the cold working. An inner wall 13 in the rear of a bearing part of a die 10 is abutted on the working instable part 2 of the tube end part passing through a die part 11 by reducing the bearing gap 12 of the die 10 to demonstrate the effect to suppress the outward expansion during the working and to prevent cracks.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-99922

(43)公開日 平成10年(1998)4月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 21 D 41/04

// B 21 D 39/04

識別記号

F I

B 21 D 41/04

C

39/04

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 FD (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平8-277477

(22)出願日

平成8年(1996)9月27日

(71)出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72)発明者 堀 久司

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター  
内

(72)発明者 望月 浩行

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター  
内

(74)代理人 弁理士 小倉 亘 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】アルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法

(57)【要約】

【目的】酸化アルミニウム粒子を分散複合した伸びの小さいアルミニウム基複合材のチューブを、割れを生じることなく、高精度で容易に管細め加工を行う。

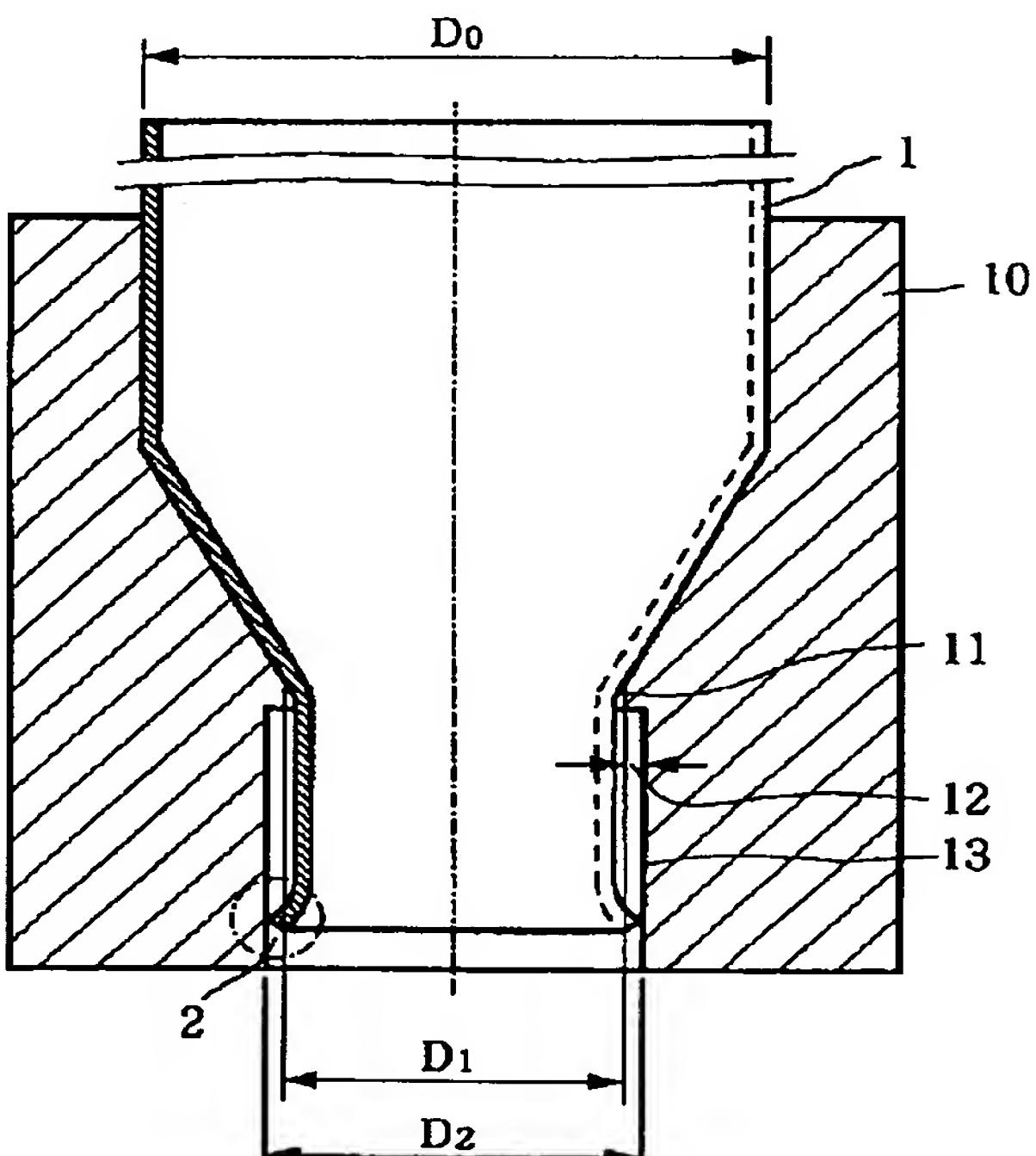
【構成】アルミニウム基複合材チューブのスエージ加工ダイスによる管細め加工において、スエージ加工ダイスのベアリングギャップを小さくして、チューブ端部に形成される加工不安定部をダイスのベアリング部後方壁に当接しつつ加工することにより、その外方への拡大を抑制して、割れを防止する。前記ベアリングギャップ比は下記(1)式の範囲とする。

ベアリングギャップ比  $\leq$  素材の伸び - (素材の伸び  $\times$  0.047  $\times$  絞り率)  $\dots$  (1)

但し、ベアリングギャップ比 =  $(D_2 - D_1) / D_2 \times 100$  (%)

絞り率 =  $(D_0 - D_1) / D_0 \times 100$  (%)

縮管加工後、次いで目標とする寸法、形状とするベアリングギャップのないダイスを用い、中子を通して修正加工を施す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アルミニウム基複合材チューブのスエージ加工ダイスによる管細め加工において、スエージ加工ダイスのベアリングギャップを小さくして、チューブ端部に形成される加工不安定部をダイスのベアリング部後方壁に当接しつつ加工することにより、その外方への拡

$$\text{ベアリングギャップ比} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率})$$

… (1)

但し、ベアリングギャップ比 =  $(D_2 - D_1) / D_2 \times 100\% (1)$

$$\text{絞り率} = (D_0 - D_1) / D_0 \times 100\% (2)$$

$D_0$  : チューブ外径

$D_1$  : ダイスのベアリング部内径

$$\text{ベアリングギャップ比} = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率})$$

… (2)

【請求項4】 ベアリングギャップを有するダイスにより縮管加工を行い、次いでベアリングギャップのない、目標とする寸法、形状とするダイスを用いて中子を通して修正加工を施すことを特徴とする請求項1又は2記載のアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

$$\text{拡管率} = \{ (\text{中子の直径} - \text{縮管加工後のチューブ内径}) / \text{縮管加工後のチューブ内径} \} \times 100$$

… (3)

$$A = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots (4)$$

【請求項6】 ベアリングギャップ比が0、ダイスのチューブ加工完了部の曲率半径Rが30mm以上90mm以下のスエージ加工ダイスを用い、1つの金型で縮管加工を行って後、中子を通して寸法及び形状修正加工を施すことを特徴とするアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、アルミニウム基複合材チューブ端部の径をスエージ加工によってチューブの連結などに適した径に縮径する管細め加工に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 アルミニウム合金材は、その軽量及び耐食性に優れた特性から広く用いられ、特に構造材として、強度的に有利なチューブ材の形態の用途も多い。これらチューブ同士を連結したり、チューブ端部に部材を結合する場合、例えば自動車の駆動軸等のような動力伝達部材端部にヨーク等を嵌合して取りつける場合等には、同じ外径のチューブ同士の連結部、或いは前記のようなヨークを嵌合する場合にはヨークを取りつけるチューブ端部のみをヨークに合わせて細くしてその取付を容易にしたり、不必要的重量増加を避けるため、チューブ端部直径を縮径する管細め加工することが行われている。このようなチューブ端部の縮径加工は、一般にチューブ端部をダイスに押込むスエージ加工により行われる。このような管材の縮径加工においては、ダイス中にチューブ端部を押込んでスエージ加工を行うとダイスベ

大を抑制して割れを防止することを特徴とするアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

【請求項2】 前記ベアリングギャップ比を下記の

(1)式の範囲とすることを特徴とする請求項1記載のアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

$$\text{ベアリングギャップ比} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率})$$

… (1)

$D_2$  : ダイスのベアリング部後方壁の内径

【請求項3】 前記ベアリングギャップ比を下記の

(2)式の値とすることを特徴とする請求項2記載のアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

$$\text{ベアリングギャップ比} = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率})$$

… (2)

【請求項5】 前記中子を通して行われる修正加工による下記の式(3)で表される拡管率が、式(4)に示す値A以下であることを特徴とする請求項4記載のアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法。

$$\text{拡管率} = \{ (\text{中子の直径} - \text{縮管加工後のチューブ内径}) / \text{縮管加工後のチューブ内径} \} \times 100$$

… (3)

$$A = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots (4)$$

アーリング部を通過したチューブ端部には外側に広がる力が働き、縮管部先端が外側に反り返って広がるとともにダイスのベアリング部の後方壁に当接し、先端部に続くチューブの加工部とダイスとの間に隙間が生じてそれに続く加工部は径が細くなるため、十分な加工精度が得られない。このため図1に示すようにダイス10のベアリング部11より後方部の径を拡大してベアリング部との間に段差(ベアリングギャップ)を設けて、この外方に反り返った不安定加工部2とダイス10との接触を回避することが行われる。

【0003】 ところが、このようなスエージ加工の手法は、一般的なアルミニウム合金である6061や6063等では可能であるが、自動車の駆動軸等に用いるような酸化アルミニウム粒子を含む高強度のアルミニウム基複合材チューブを用いる場合、これらの材料は伸びが低く、このようなスエージ加工を行うと前記のチューブ先端のいわゆる加工不安定部に軸方向に割れを生じる。これらチューブ端部の細め加工部先端は加工の際の寸法精度等が劣るため、通常は必要な長さの細め加工部より先を切断除去するが、このような割れを生じたチューブは、割れが切断予定部よりも内方に進行している可能性があり、このような組織内に進行したクラックは微細で検出が困難であるばかりでなく、製品中に残っていると強度が低下するのみか、韌性、耐久性が低下し、また、製品としての信頼性を損なうため使用に堪えない。

【0004】 このような伸びの小さいアルミニウム基複合材チューブを縮径加工するため、特開平8-7163

1号公報には、中子を使用して、ダイスにベアリングギャップを設けることなく、中子とダイスとの間でチューブを高精度で加工するスエージ加工方法が紹介されている。この方法によれば、所定の寸法、形状の縮径加工ができるが、中子を使用する特殊なスエージ加工方法であるため、中子を用いない方法に比べて加工力が2倍以上と大きくなり、この加工力が大きいためにチューブの座屈が生じ易く薄肉のチューブの加工には適さない。また、スエージ加工に伴って肉厚も大きくなるため、素材寸法（特に肉厚）にバラツキが大きいと、設定したクリアランスよりもスエージ加工部の肉厚が大きくなり過ぎてスエージ加工ができなくなるものが生じる。従って、この方法では肉厚変動の大きい押し出しチューブには实用上適用し難い。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、酸化アルミニウム粒子をアルミニウム又はアルミニウム合金中に分散複合したアルミニウム複合材のような伸びの小さい材質からなるチューブを、割れを生じることなく、高精度で容易に管細め加工を行うことを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、その目的を達成するため、アルミニウム基複合材チューブのスエージ加工ダイスによる管細め加工において、スエージ加工ダイスのベアリングギャップを小さくして、チューブ端部に形成される加工不安定部をダイスのベアリング部後方壁に当接しつつ加工することにより、その外方への拡大を抑制して、割れを防止することを特徴とするアルミニウム基複合材チューブの管細め加工方法であり、更に、前記ベアリングギャップ比を後述の（1）式の範囲とすることにより、ベアリングギャップ比の範囲及び最適値を規定する。

【0007】また、ベアリングギャップのあるダイスにより縮管加工を行い、次いでベアリングギャップのない、目標とする寸法、形状とするダイスを用い、中子を

$$\text{ベアリングギャップ比} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (1)$$

但し、ベアリングギャップ比 =  $(D_2 - D_1) / D_2 \times 100$  (%)

$$\text{絞り率} = (D_0 - D_1) / D_0 \times 100 \quad (\%)$$

$D_0$  : チューブ外径

$D_1$  : ダイスのベアリング部内径

$D_2$  : ダイスのベアリング部後方壁の内径

により、割れを発生せずにスエージ縮管加工可能な領域を明らかにするものである。

$$\text{ベアリングギャップ比} = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (2)$$

とするものである。

【0011】更に、このようにして得られたチューブの

通して修正加工を施すことを特徴とするアルミニウム基複合材チューブのスエージ加工による管細め加工方法であり、このとき、中子によって拡大されるチューブの拡管率Aを後述の（4）式によりその好適な範囲を規定する。更に、ベアリングギャップ比が0、ダイスの加工完了部のRが30mm以上90mm以下のスエージ加工ダイスを用い、1つの金型で縮管加工を行って後、中子を通して寸法及び形状修正加工を施すことを特徴とするアルミニウム基複合材料チューブのスエージ加工による管細め加工方法である。

#### 【0008】

【作用】すなわち、スエージ加工による管細め加工は縮管加工であるため、図1に示すように、ダイス加工部を通過した端部では応力が解放されて外側に開こうとする力が生じて縮管加工後のチューブ端部は外側に拡大した加工不安定部2となる。また、冷間加工であるため加工硬化により素材の伸びが低下する。一般のアルミニウム合金であるJIS A6061や6063などでは本来伸びが大きくこのような作用も比較的弱いが、アルミニウム基複合材料の場合はそれ自体伸びも低く、スエージ加工によって伸びが非常に低くなっているところに外に広がろうとする力が生じて縮管部が広がるために、図2に示すようにこの加工不安定部2に先端から軸方向に割れ3が発生する。

【0009】従って、アルミニウム基複合材料におけるこのような割れの発生は、このチューブ1端部の加工不安定部2が外側に広がらないように抑制できれば防止できるが、本発明においては、図3に示すようにダイスのベアリングギャップ12を小さくすることにより、ダイス加工部11（ベアリング部）を通過したチューブ端部の加工不安定部2に対してダイスのベアリング部後方の内壁13が当接して、その加工中外側へ拡大して広がることを抑制する作用を発揮せしめて、割れを防止するものである。そこで、ベアリングギャップ比を規定する要件

【0010】また、この場合、チューブの不安定加工部に対してベアリングギャップ比が小さいとベアリング部後方でチューブとダイスの間に間隙が生じて、チューブは目標寸法よりも小さくなる。そこで、更に割れを防止すると共に、この割れを発生せず、スエージ縮管加工可能な領域において、目標の寸法及び形状からのずれを最小限にした管細め加工を可能とするように、

$$\text{管細め加工部は、なお絞り率が大きくなると、それに伴って割れが発生しないベアリングギャップ比が小さくな}$$

るため、本発明のスエージング加工では、図3に見るように加工不安定部2とダイス10のベアリングギャップ部後方壁13が接触するために目標寸法よりも加工部の径が小さくなる。また、この加工方法では、加工不安定部が外側に拡大するためその形状は目標とする形状とはならない。目標の寸法、形状への修正を行うため、図4に見るように中子20を用いて修正加工することにより、目標とする寸法、形状への修正を容易に行うことができる。

$$\text{拡管率} = \{ (\text{中子の直径} - \text{縮管加工後のチューブ内径}) / \text{縮管加工後のチューブ内径} \} \times 100 \quad \dots \quad (3)$$

$$A = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (4)$$

【0012】また、ベアリングギャップのないスエージング加工ダイスにおいて、ダイスの加工終了部の曲率半径Rを30mm以上、90mm以下とすることにより、図5の左側に示すように加工不安定部2の反り返り量を小さくできることから、ベアリングギャップを0として縮管加工時の割れ発生を抑制すると共に修正加工時の拡管率を低くして修正加工時の割れ発生をなくし、併せてベアリングギャップのないスエージングダイスでの縮管加工と目標の寸法及び形状への修正加工が同じダイスでできることを見い出したものである。そして、その加工チューブは、ダイスの前記R値を上記の範囲とすることにより、修正加工に際しての拡管に伴う割れを防止することができる。

### 【0013】実施例1

加工素材としてAl-Mg-Si系のJIS A6061アルミニウム合金に20%のアルミナ粒子を分散複合させたアルミニウム基複合材料の押出チューブを用いた。チューブの寸法は外形101.6mm、内径95.6mmである。また、熱処理条件を替えることにより異なる伸びの押出しチューブを得た。すなわち、T1処理により伸び10%のものを、T4処理により伸び6.5%のもの、T6処理により伸び3.5%の押出しチューブを得た。これらのものについて、絞り率とベアリングギャップ比との関係を調査するために、絞り率8%（図3において、D1:93.5mm以下同じ）、絞り率15%（D1:86.0mm）、絞り率20%（D1:81.0mm）であるスエージング加工ダイスを用いて、それぞれベアリングギャップ比を種々替えて割れの有無を調

$$\text{ベアリングギャップ比} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (1)$$

【0015】従って、ベアリングギャップ比をチューブの材質の伸び及び絞り率との関係から定まる上記の式の範囲以下に設定することにより、割れを生じることなくチューブ端部の細め加工を行うことができる。また、上記式における割れを生じない範囲において、図6の白丸の数字に示したとおり、ギャップ比が大きいほど、ダイスのベアリング部寸法D1とチューブ絞り部外径との誤差の少ない加工ができる。すなわち、ベアリングギャップが小さいとチューブ先端に生じる拡がり部がベアリン

る。従来のスエージング加工では、内径及び外形について加工精度を±0.2mm以下にすることは困難であったが、前記修正加工の要件により内外径精度を±0.1mmとすることことができた。このとき、中子による加工はチューブ内径を広げる拡管加工となるが、下記（3）式で定義される拡管率を下記（4）式の値A以下の範囲として加工することにより、拡管加工の際の割れを防止することができる。

$$\text{拡管率} = \{ (\text{中子の直径} - \text{縮管加工後のチューブ内径}) / \text{縮管加工後のチューブ内径} \} \times 100 \quad \dots \quad (3)$$

$$A = \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (4)$$

査した。図6は、上記伸び6.5%の材料についての結果を示し、白丸は加工不安定部に割れを生じないもの、黒丸は割れを生じたものである。白丸に添えられた数値はダイスよりチューブを取り外した後の絞り部外径とダイス加工部11の内径D1との誤差を示す。また、図中の直線は、割れ発生のない限界線であり、この直線により表される限界線は、ベアリングギャップ比=6.5-(0.30×絞り率)…(2)であった。図7は、図6の結果及び伸び10%、伸び3.5%の限界線を同様に算出して併せて表示したものである。

【0014】図7において、各直線上及びその下方が割れを発生しない領域であり、直線の上方では割れが発生した。すなわち、各直線は割れを発生しない上限を示す。但し、図において、

$$\text{ベアリングギャップ比} = (D_2 - D_1) / D_2 \times 100 \% \quad \dots \quad (2)$$

$$\text{絞り率} = (D_0 - D_1) / D_0 \times 100 \% \quad \dots \quad (3)$$

D0 : チューブ素材の外径

D1 : ダイスのベアリング部内径

D2 : ダイスのベアリング部後方壁の内径

図7に示すように、伸び3.5%、6.5%、及び10%の値を有するそれぞれのチューブについて、割れを生じないベアリングギャップ比と絞り率は直線関係にあり、また、割れを生じないベアリングギャップ比の上限は、これらの伸びに対して直線関係にあることが判る。従って、この関係をグラフの直線より求めると、割れの発生しない領域として次の近似式（1）が得られる。

$$\text{ベアリングギャップ比} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \quad \dots \quad (1)$$

グ部の後方壁に当たり、チューブ加工時にベアリングより浮いてしまうためである。従って、ギャップ比が大きくなれば、この誤差が小さくなる。また、チューブ先端に生じる拡がり部の拡がり方は、チューブの肉厚誤差により差が生じるため、絞り部の外径寸法に誤差を生じるのみでなく、真円度も悪くなる。以上のことから、

（1）式のベアリングギャップ比最大値のダイスを用いることにより割れの発生が少なく、寸法精度のよい加工を行うことができる。実施例2このようにして形成した

チューブの加工部は、割れを生じないが目標とする寸法及び形状の要件を完全には満たしてはいない。そこで、実施例によるスエージ加工ダイスによる加工を第1工程とし、第2工程としてこの加工後、チューブを目標とする寸法形状を与える修正加工ダイスにセットし、所定の外径を有する中子を通して修正加工することにより、チューブ端部の加工不安定部及び縮管部の寸法及び形状を目標値に修正する加工を行った。図4において、左半部は修正加工前の状態であって、チューブ先端の加工不安定部2に外方に向けて反り返りを生じているとともに、縮径加工部がダイス内壁との間に隙間を生じて、目標とする寸法精度、形状を達成できない。そこで、目標とする内径寸法に合わせた中子20を通して修正加工を施し、図の右に示すように、目標とする内径及び端部形状に修正加工する。図8に、実施例1で示した各種の伸び、絞り率及びギャップ比での調査に用いたチューブを利用して第2工程の修正加工を行ったもの内、伸び6.5%の素材についての例を示す。図中黒丸のものは第1工程にて割れが発生したものであり、第2工程は行われておらず、△印のものは、第2工程による拡管加工による割れを生じた例である。ここで、中子外径は、縮管加工による肉厚増加を加味して、絞り率8%のものは87.1φmm、同15%で79.1φmm、同20%で73.9φmmとした。修正用ダイスは、平行状のベアリング部及びベアリングギャップがなく、後方部の内径は目標とする絞り率に対応する寸法とした。○印又は

$$\text{拡管率} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \dots \dots (4)$$

また、これにより形成されたチューブ縮管部の外径は、0~0.15mm以内の誤差に全て入った。

#### 【0016】実施例3

実施例1及び2においては、チューブを平行状のベアリング部を通して縮管加工を行ったが、ベアリングギャップ比を小さくするにつれて、チューブ先端の不安定加工部の割れは防止できるが、他方では縮管されたチューブはダイス壁から離れて外径が目標寸法より小さくなり、その後の修正加工時の拡管率が大きくなるため、第2工程における割れの原因となっていた。そこで、第2工程の修正加工を行うことを前提として、第1工程の縮管加工のダイスのベアリングギャップを0として割れの発生を抑止すると共に、修正加工時における割れの発生しない条件を、ベアリング部に相当する加工部となるダイスの加工完了部曲率半径を種々変更することにより策定した。更に、同一のスエージ加工ダイスを用いて縮管加工及び修正加工を行うため、図5に示すベアリングギャップ比0のダイスを用いて、加工完了部の曲率半径Rを種々替えて、絞り率15%の縮管加工を実施した後、同一のダイスにセットした状態で中子を通して寸法と形状を目標通りに修正加工を施した。加工完了部Rと中子による修正加工条件との関係を表1に示す。この修正加工は、一旦縮管加工したチューブを再び拡管するため、伸

△印に添えた数字は、拡管率(%) = { (中子の直径 - 縮管加工後のチューブの内径) / 縮管後のチューブ内径 } × 100(%)を示す。第1工程の縮管加工においては、実施例1に見るとおり、ベアリングギャップ比が大きくなるにつれて加工の寸法誤差が小さくなるため、その修正加工である第2工程における拡管率は小さくすみ、第2工程における割れ発生がない。逆に、第1工程におけるベアリングギャップ比が小さい場合は縮管加工部の寸法誤差が大きくなり、第2加工工程における拡管率も大きくなるため、第2工程において割れが発生するようになることが判る。また、この傾向は、絞り率が大きくなるほど顕著になる。図9は、図8の結果を絞り率と拡管率により整理したグラフであり、図中の直線は中子を通すことによる拡管による割れ発生のない限界線であり、限界線は、グラフに見るとおり、拡管率 = 6.5 - (0.30 × 絞り率) の直線であった。なお、絞り率20%においては、目標寸法に見合う上記中子外径ではすべて割れが発生したので、中子外径を順次減少させて限界拡管率を測定した。図10は、図9の結果及び同様に伸び1.0%、3.5%の場合の限界線を算出して併せて表示したものである。図10より、伸びが3.5%、6.5%、10%のそれぞれについて、その伸びを加味して第2工程の中子による修正の際の限界拡管率を算出すると、割れを生じない範囲を表す下記(4)の近似式が得られる。

$$\text{拡管率} \leq \text{素材の伸び} - (\text{素材の伸び} \times 0.047 \times \text{絞り率}) \dots \dots (4)$$

びの小さいアルミニウム基複合材料においては、一定の条件下で行う必要があり、表1に示すように、伸び3.5%及び6.5%の材料ではダイスの加工完了部曲率半径Rが10mmの場合、用意した中子では割れが発生した。

【0017】これは、ダイスの加工完了部のRが小さいと縮管加工時の加工不安定部の反り返りが大きくなつて、チューブ直径も小さくなり、その後の修正加工における中子による拡管率が大きくなつて、縮管加工の場合と同様に割れを生じるためである。このため、目標内径に対して±0.1mmの精度に保つためその下限値79.0mmの外径の中子を使用する場合、このような割れを生じない条件は、伸び3.5%以上の材料では、表1から明らかなように、ダイスの加工完了部のRが30mm以上で、割れを生じることなく修正加工することができた。また、素材の伸びの大きな材料ほど、中子の直径を大きくしても割れを生じ難く、拡管率を大きくできるが、本発明の対象とするアルミニウム基複合材においては、素材に伸びの大きいことを望むことは実際的でない。Rを更に大きくすることにより中子の直径を大きくできるが、Rが90mm以上ではその効果が飽和するから、実用上は30~90mmの範囲が望ましい。

#### 【0018】

表1：中子による修正加工条件

ダイス加工完了部R (mm)	中子直徑 (mm)											
	79.2			79.1			79.0			78.9		
	素材の伸び (%)											
10	×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	×
30	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○
50	○	×	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○
70	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
90	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
110	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(注) 目標内径: 79.1 mm ( $\pm 0.1$  mm)  
○: 割れ発生なし、×: 割れ発生

## 【0019】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の加工方法によれば、伸びの小さいアルミニウム複合材チューブの管細め加工が、割れを生じることなく高い寸法及び形状の精度で容易に行うことができる。また、素材の薄肉のものや肉厚などの寸法の変動のある加工素材に対しても広く適用することができるものである。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なスエージ加工によるチューブの管細め加工説明図

【図2】スエージ加工の加工不安定部の割れを示す説明図

【図3】本発明のスエージ加工説明図

【図4】中子を用いた寸法、形状修正加工の説明図

【図5】ダイスの加工完了部Rの説明図

【図6】割れ発生に及ぼすベアリングギャップ比と絞り率の関係(素材の伸び6.5%)

【図7】割れ発生に及ぼすベアリングギャップ比と絞り率の関係(素材の伸び10、6.5、及び3.5%)

【図8】図7の割れを発生しない材料について修正加工による拡管率の影響(素材の伸び6.5%)

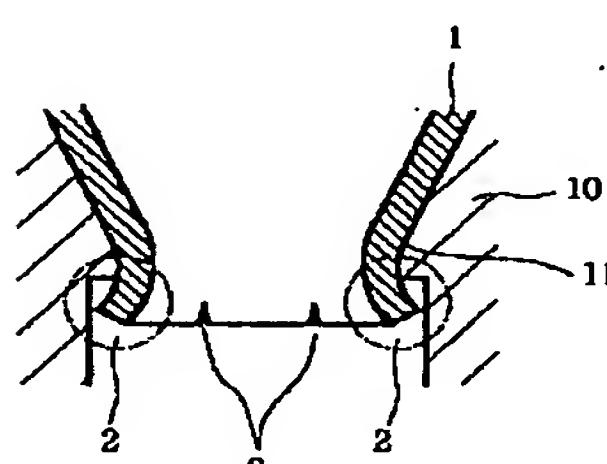
【図9】縮管加工後の拡管率と絞り率の関係(素材の伸び6.5%)

【図10】縮管加工後の拡管率と絞り率の関係(素材の伸び10、6.5及び3.5%)

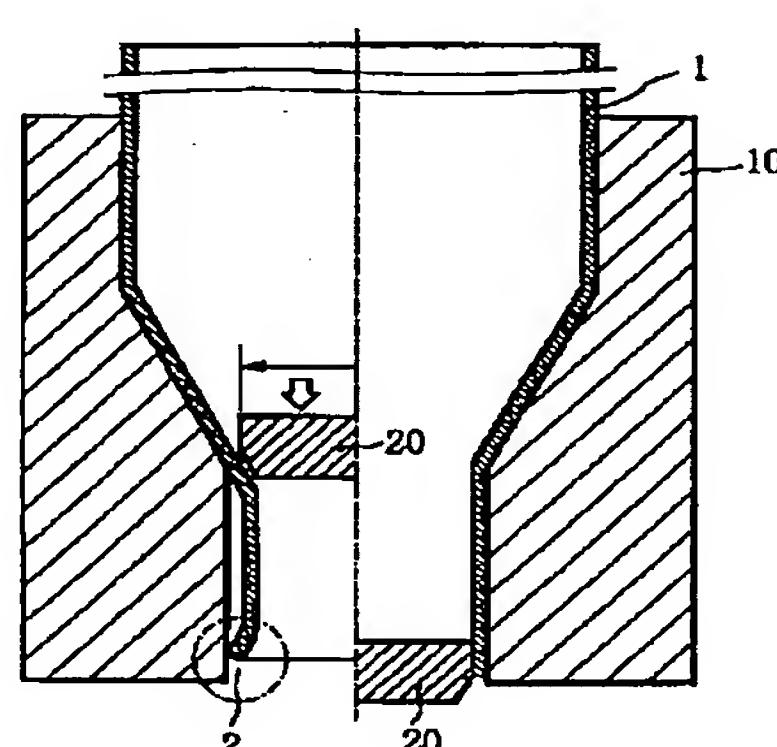
## 【符号の説明】

1: アルミニウム基複合材チューブ 2: 加工不安定部 3: 割れ 10: スエージ加工ダイス 11: ベアリング部 12: ベアリングギャップ 13: スエージ部 20: 中子  $D_0$ : チューブ外径  $D_1$ : ダイスのベアリング部内径  $D_2$ : ダイスのベアリング部後方壁の内径 R: ダイスの加工完了部曲率

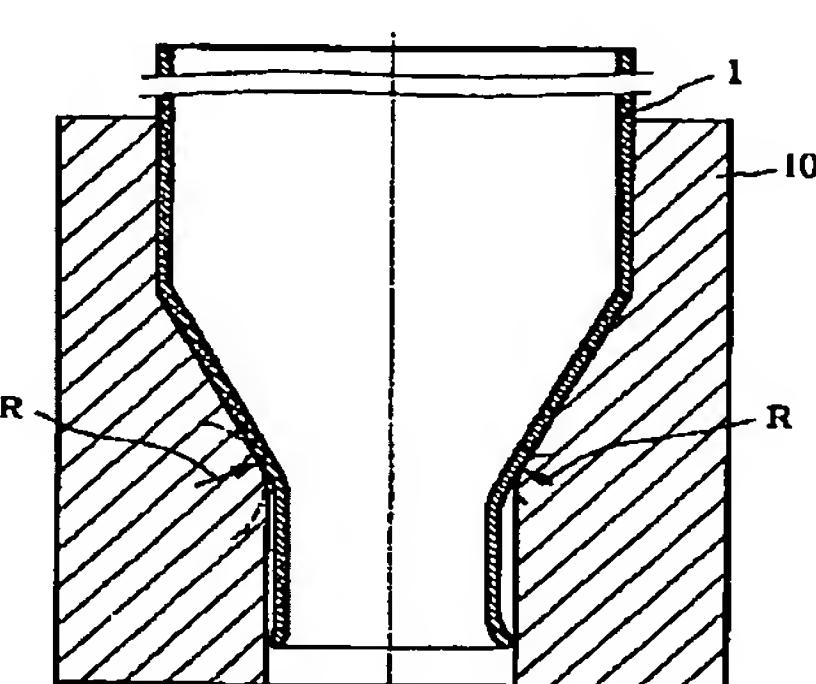
【図2】



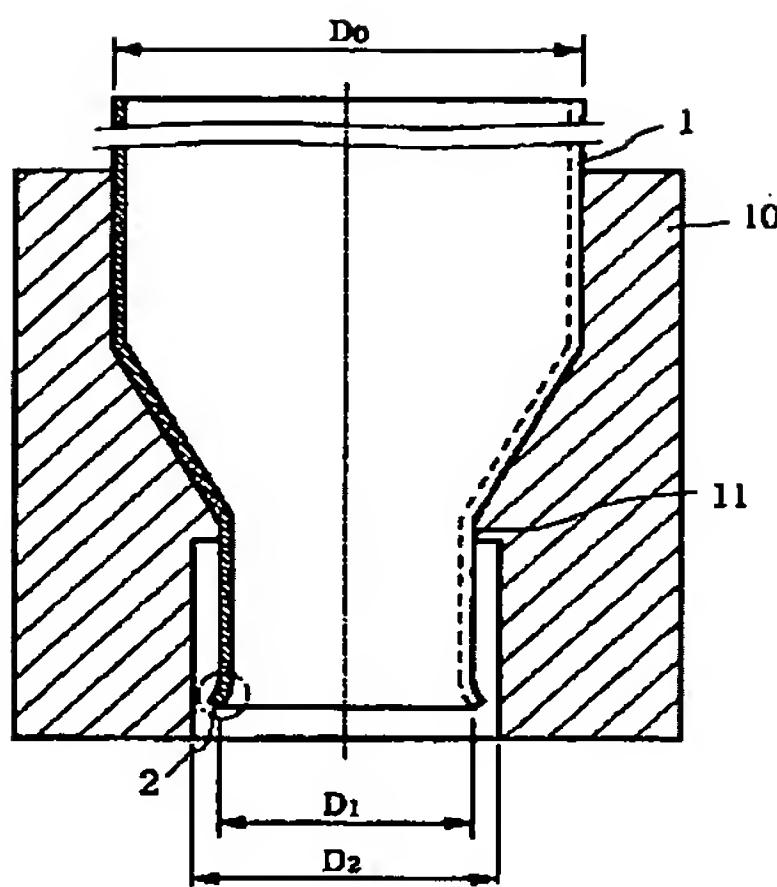
【図4】



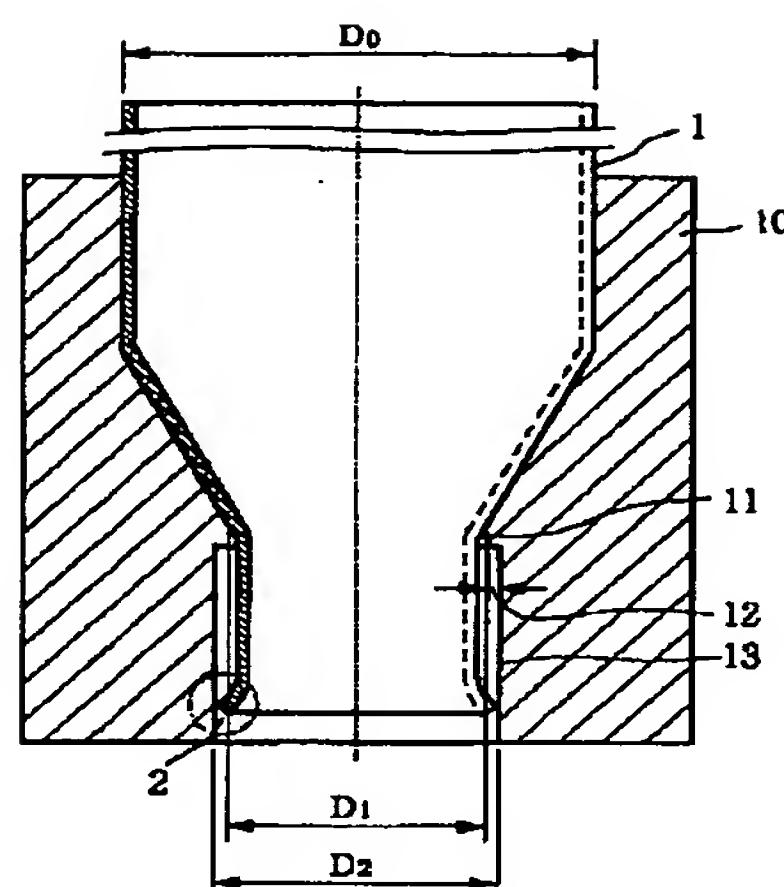
【図5】



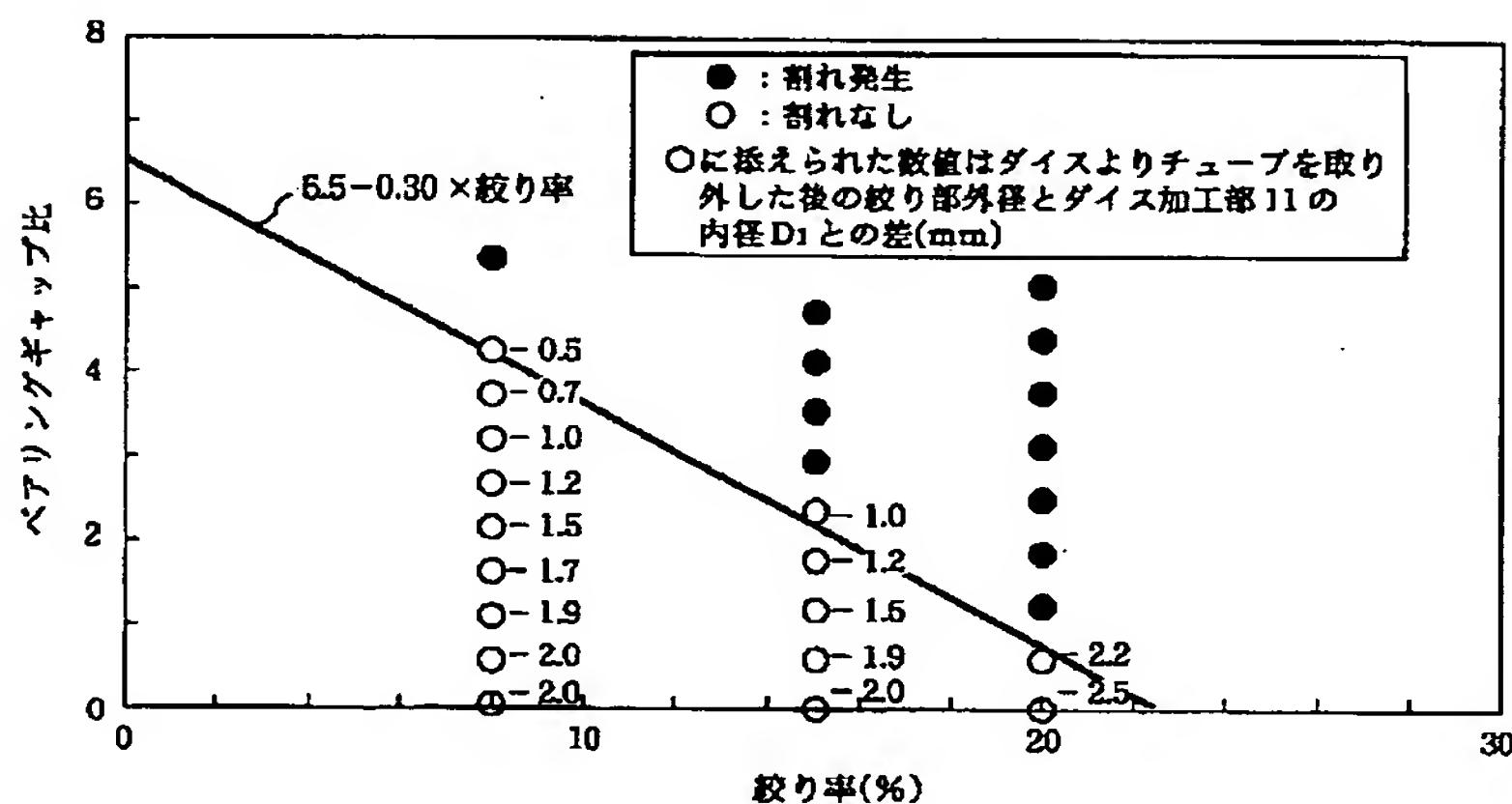
【図1】



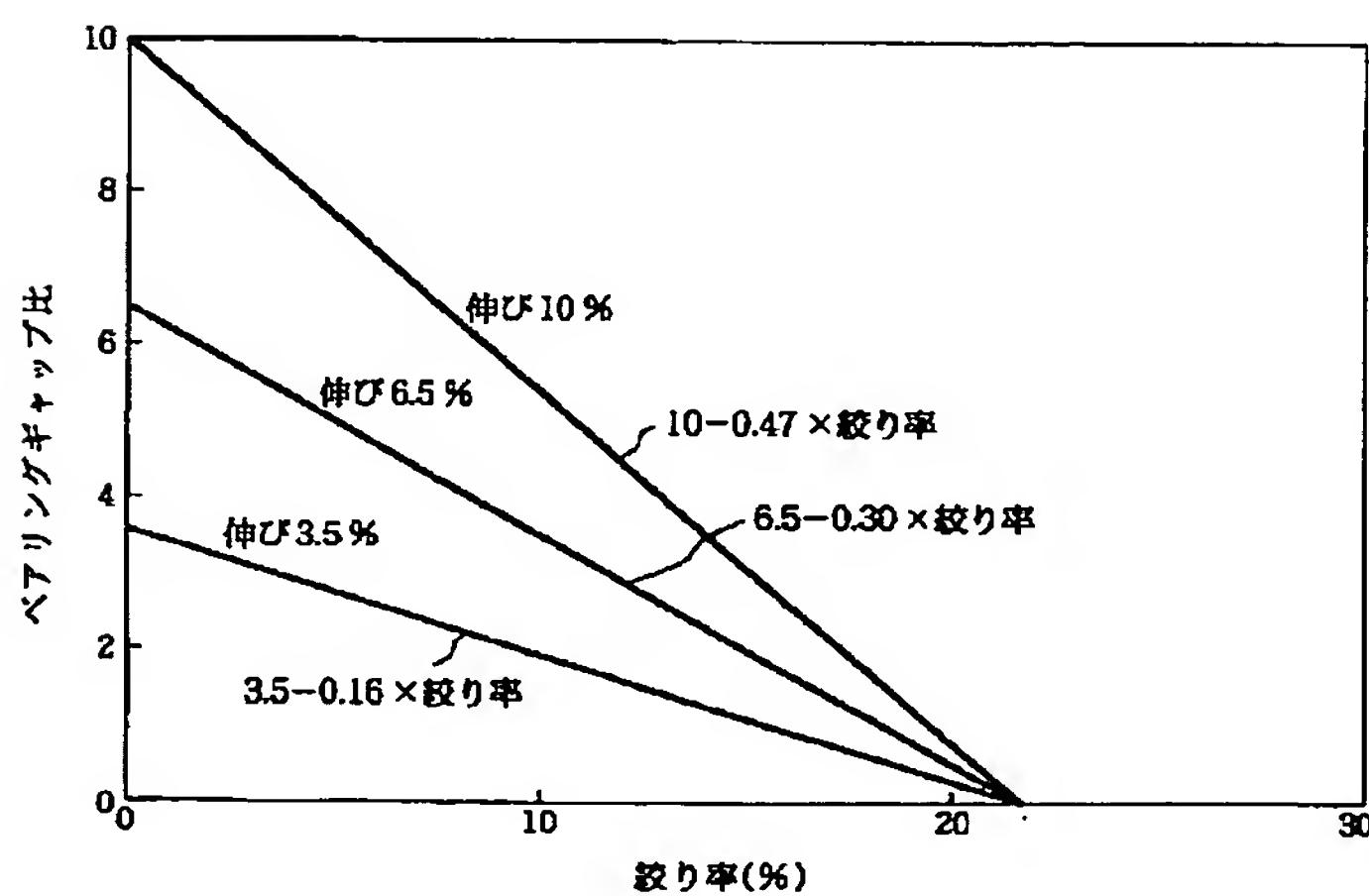
【図3】



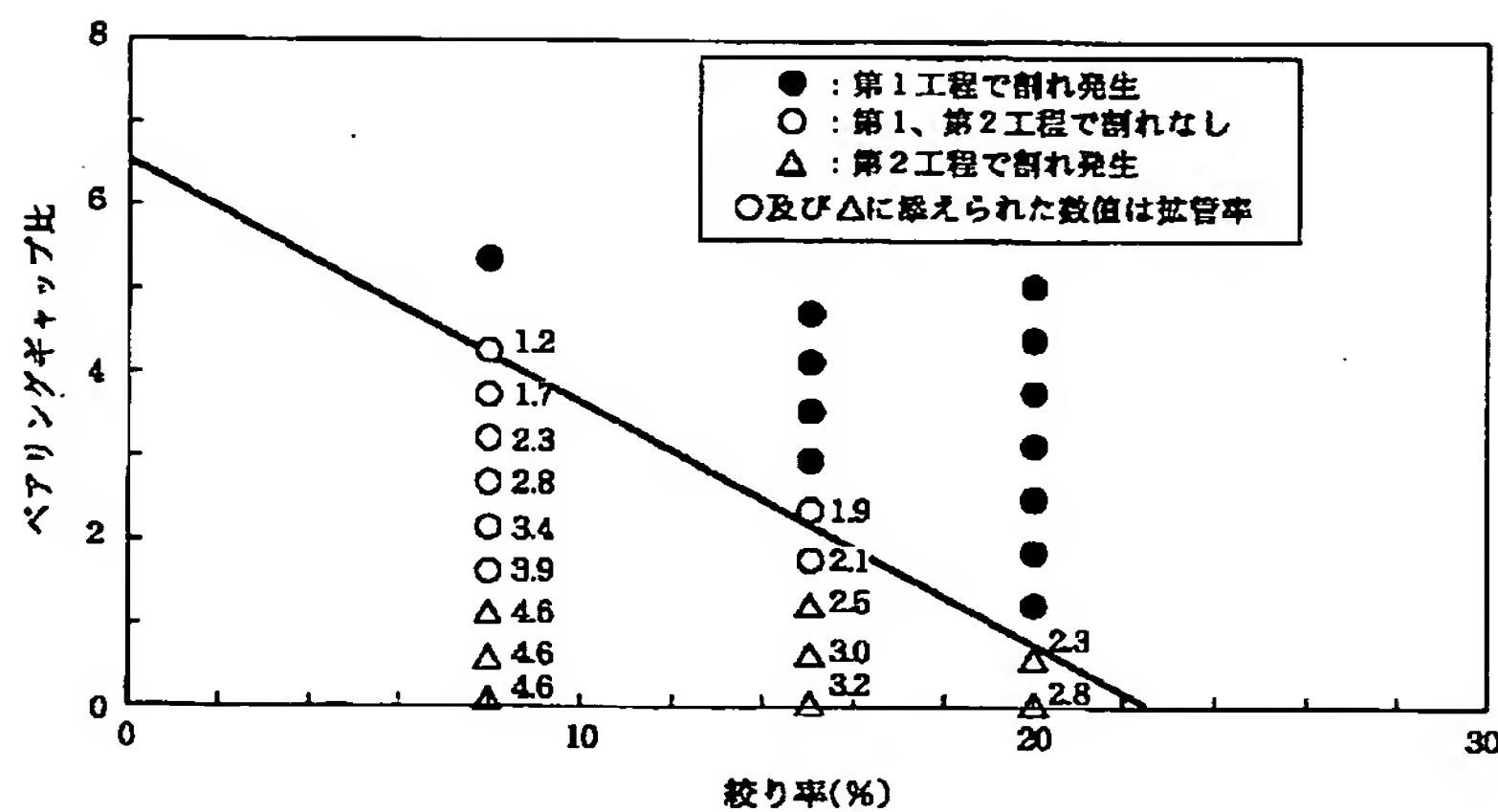
【図6】



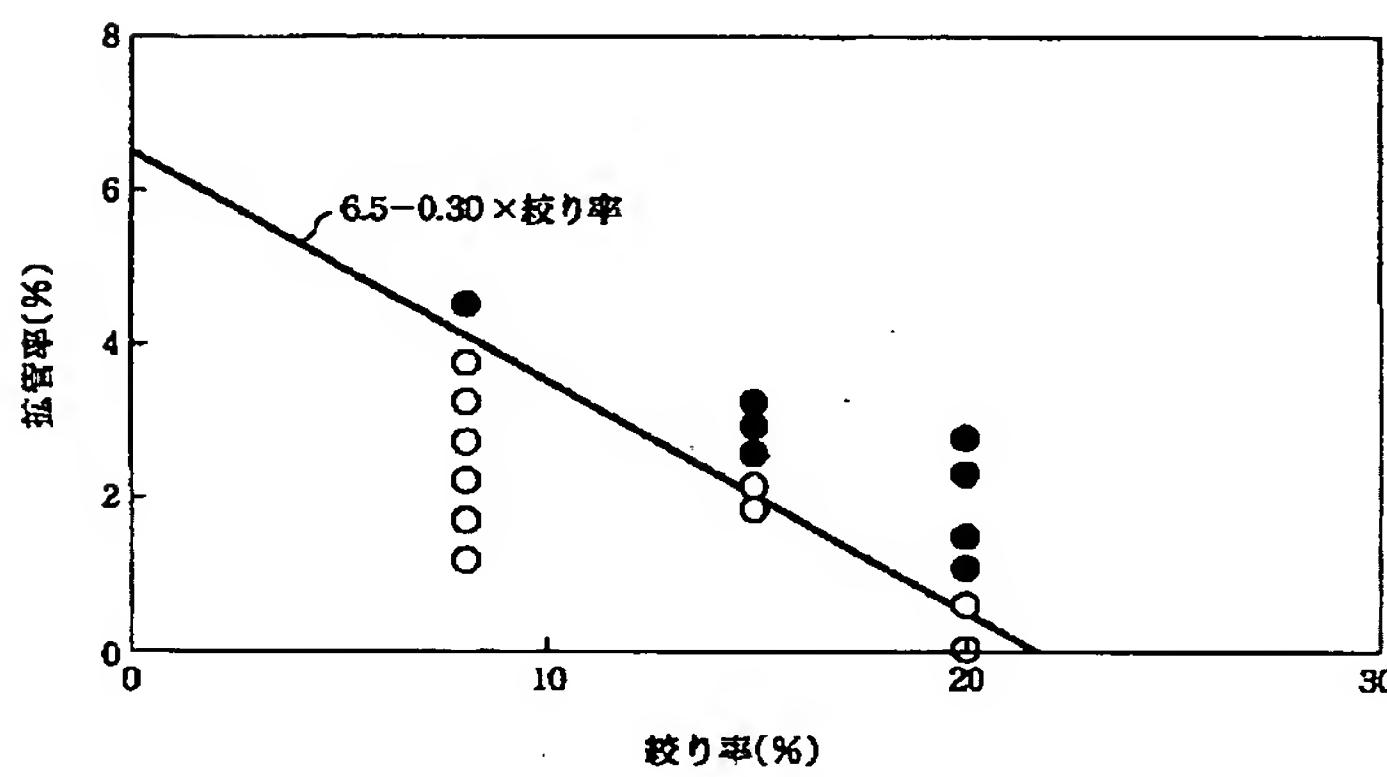
【図7】



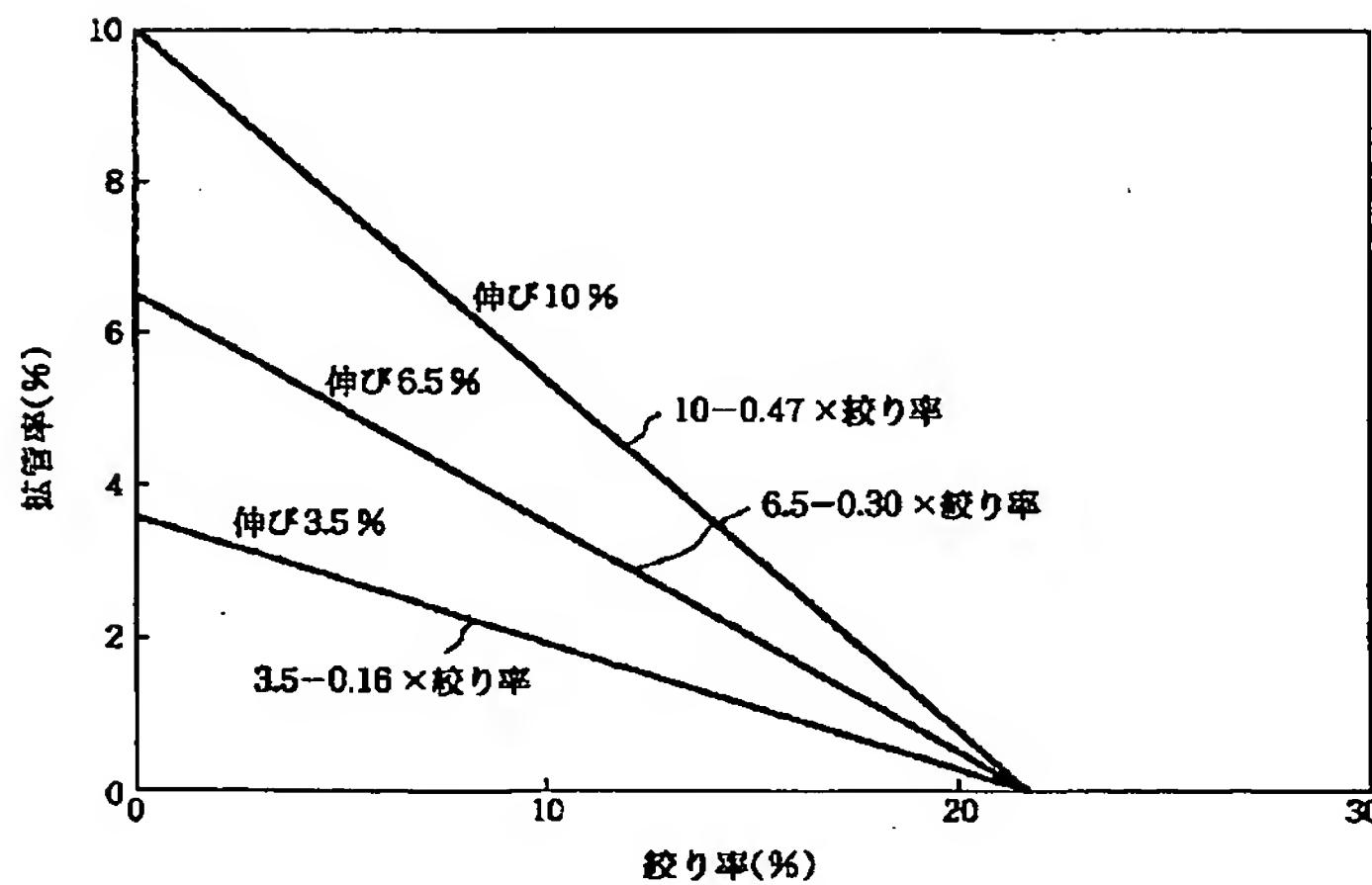
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 牧田 慎也

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号  
日本軽金属株式会社グループ技術センター  
内